

# 旱灾对河南省粮食安全的影响

李治国, 郭志富, 张竟竟, 史本林, 李红忠  
(商丘师范学院 环境与规划学院, 河南 商丘 476000)

**摘要:** 旱灾严重危害中国北方地区的粮食生产, 甚至危及全球粮食安全。以河南省为例, 利用近 30 a 的农业生产统计资料, 定量分析了旱灾的基本特征及其对粮食生产的影响。结果表明, 旱灾对河南省粮食生产的影响较为显著, 1981—2010 年平均旱灾强度为 16.64%, 旱灾影响 6.68%, 均高于全国平均水平; 平均每年因旱灾导致的粮食损失达到  $248.34 \times 10^4$  t, 占全国 7.7% 左右。针对河南省旱灾现状, 提出了 4 项应对措施: (1) 积极构建与水资源承载能力相适应的社会经济发展战略; (2) 切实加强农业的抗灾能力与减灾体系建设; (3) 大力发展节水农业; (4) 增强农业科技抗旱。

**关键词:** 农业旱灾; 粮食安全; 河南省; 粮食损失

中图分类号: S423 文献标志码: A 文章编号: 1004-3268(2014)03-0020-06

## Effects of Drought on Food Security of Henan Province

LI Zhi-guo, GUO Zhi-fu, ZHANG Jing-jing, SHI Ben-lin, LI Hong-zhong

(Department of Environment and Planning, Shangqiu Normal University, Shangqiu 476000, China)

**Abstract:** The drought seriously endangers the food production in northern China, and even threatens the global food security. Taking Henan province as an example, this study quantitatively analyzed the basic characteristics of drought and its impact on food production using the data of agricultural production statistics in the past 30 years. The results showed that the impact of drought was very significant in Henan province. The average drought intensity between 1981 and 2010 was 16.64%, which was higher than the national average. The average annual grain losses caused by drought reached to  $248.34 \times 10^4$  t, accounting for about 7.7% of the country. Four countermeasures were put forward according to the drought quo in Henan province: to actively construct the socioeconomic development strategy adapted to the water carrying capacity, to strengthen the agriculture resilience and mitigation system, to develop the water-saving agriculture, and to enhance the drought resistance technology.

**Key words:** agricultural drought; food security; Henan province; grain loss

2011 年世界人口突破 70 亿, 粮食安全问题在全球范围内日益受到关注<sup>[1-2]</sup>。旱灾对粮食安全危害严重, 被视为粮食安全的决定性因素<sup>[3-4]</sup>。过去 50 a 中国粮食产量持续增长, 创造了以全球 7% 的耕地养活世界 22% 人口的奇迹, 对全球粮食供应产生了重要影响, 但旱灾频繁发生, 年均粮食损失 300 亿 kg<sup>[5-6]</sup>。2011 年中国作为世界最大的小麦生产国和消费国因北方旱灾被迫进口粮食<sup>[4]</sup>, 2012 年此状况再次出现。政府未来

10 a 将投资 4 万亿人民币确保粮食安全, 但如何实施面临诸多困扰。河南省是北方地区典型的农业大省, 自 2000 年以来粮食总产量已连续 10 a 位居全国第一。目前中原经济区建设已上升为国家战略, 加强粮食生产核心区建设是其重要内容。虽然旱灾是河南省频发的灾害, 经常造成粮食减产, 但关于旱灾对全省粮食安全的影响研究还比较薄弱, 不利于中原经济区建设。因此, 利用统计数据结合计量模型定量估算河南省

收稿日期: 2013-08-29

基金项目: 国家自然科学基金项目(41101072); 教育部人文社会科学研究项目(12YJCZH120); 河南省科技厅 2013 年度科技攻关项目(132102310357); 商丘师范学院青年科研基金项目(2011QN20, 2011QN21); 商丘师范学院骨干教师项目(2013GGJS08)

作者简介: 李治国(1979-), 男, 山东禹城人, 博士, 主要从事资源环境变化与区域发展研究。E-mail: lizhiguo999999@163.com

农业旱灾对粮食安全的影响程度和规律,并通过综合分析提出旱灾防控的对策,以期为中原经济区建设提供科学依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 研究区概况

作为我国重要的粮食生产基地,河南省2008年被列为国家粮食生产核心区。在典型的大陆性季风气候影响下,旱灾已成为该省影响范围大、发生频次高、对农业生产损害严重的一种气象灾害,是影响该省粮食生产的重要限制因素之一<sup>[7]</sup>。

### 1.2 数据来源

河南省粮食产量、播种面积、农业气象灾害受灾面积、成灾面积等基础数据主要来源于农业部种植业司“灾情数据库”和河南统计年鉴<sup>[8]</sup>。

### 1.3 研究方法

使用Origin 8.0软件对1981—2010年的旱灾及粮食生产等数据进行分析作图,从多个角度阐述旱灾的动态变化特征;利用SPSS 19.0软件对旱灾数据和粮食产量数据进行分析,估算粮食因灾损失量,探讨旱灾对粮食生产的影响规律和影响程度。

## 2 结果与分析

### 2.1 1981—2010年农业旱灾变化特征

2.1.1 不同程度旱灾面积变化 我国农业部、民政部、统计局通常将减产10%以上、减产30%以上和减产70%以上面积分别称为受灾面积、成灾面积和绝收面积。据此,研究中将旱灾造成粮食损失在10%~30%、30%~70%、>70%的灾害分别称为轻旱、中旱、重旱<sup>[6]</sup>。1981—2010年河南省旱灾年平均受灾、成灾、绝收面积分别为 $139.96 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 、 $68.25 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 、 $11.90 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ,分别占农业气象灾害年平均面积的60.2%、58.3%、44.0%,而排在第2位的洪涝分别占23.3%、26.5%、40.5%,其他

灾害分别占16.5%、15.1%、15.4%。

图1a和图1b分别为河南省1981—2010年的年际和年代际遭受不同程度旱灾的作物面积的变化曲线,可以看出,遭受轻旱的农田面积大于中旱和重旱,其平均值分别为后2者平均值的2倍和12倍。1981—1990年遭受轻旱的面积为 $90 \times 10^4 \sim 500 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ,1991—2000年为 $124 \times 10^4 \sim 312.8 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ,2001—2010年为 $5.04 \times 10^4 \sim 242 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 。中旱和重旱面积也有类似的变化趋势,只是年际波动幅度比前者小,重旱面积30a来波动非常小。由图1a和图1b也可以看出,1991—2000年为研究时段内灾害最为严重的时段,而2001—2010年为最轻时段。

2.1.2 旱灾强度指数变化 可定义农业旱灾强度指数 $I_d$ 为一个区域内遭受旱灾的面积占农作物总播种面积的比例,其值越大,表示该省份农业旱灾越严重,旱灾损失也越大<sup>[6]</sup>,可以表示为: $I_d = (\omega_1 A_{i1} + \omega_2 A_{i2} + \omega_3 A_{i3}) / A_{Ti}$ 。其中 $A_{i1}$ 、 $A_{i2}$ 和 $A_{i3}$ 分别是 $i$ 年农业旱灾受灾面积、成灾面积和绝收面积; $A_{Ti}$ 是 $i$ 年的农作物总播种面积; $\omega_1$ 、 $\omega_2$ 、 $\omega_3$ 分别表示 $A_{i1}$ 、 $A_{i2}$ 和 $A_{i3}$ 的权重,分别设置为0.45、1和1.78。图2a和图2b分别给出了河南旱灾强度指数的年际和年代际变化,可以看出,1981—1990年 $I_d$ 波动最大,为7.04%~53.21%,其总和高于后面的2个时段;1991—2000年 $I_d$ 波动次之,为7.48%~34.68%,但每年均有较高的强度指数,在年代均值21.41%上下变动;而2001—2010年则呈明显下降趋势,为0.33%~24.45%,10a中仅2a超过10%。近30a,河南省的每年旱灾平均受灾强度为16.64%,处于较高的受灾水平,高于全国13.8%的年平均灾害强度水平<sup>[9]</sup>。最大的 $I_d$ 值出现在1986年,高达53.21%,这一年有 $414.07 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 农田受灾、 $301.53 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 农田成灾、 $53.33 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 农田绝收,分别占总播种面积的34.70%、25.27%、4.47%,对河南省粮食生产的冲击极大。

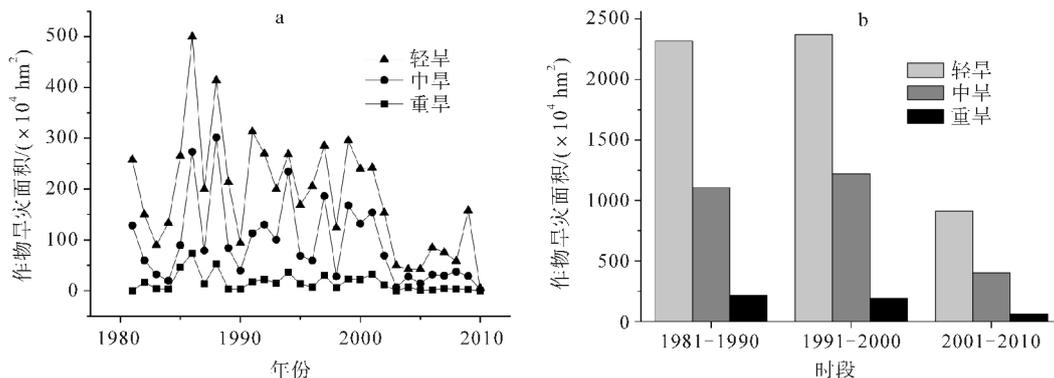


图1 河南省农业气象旱灾受灾面积、成灾面积年际(a)与年代际(b)变化

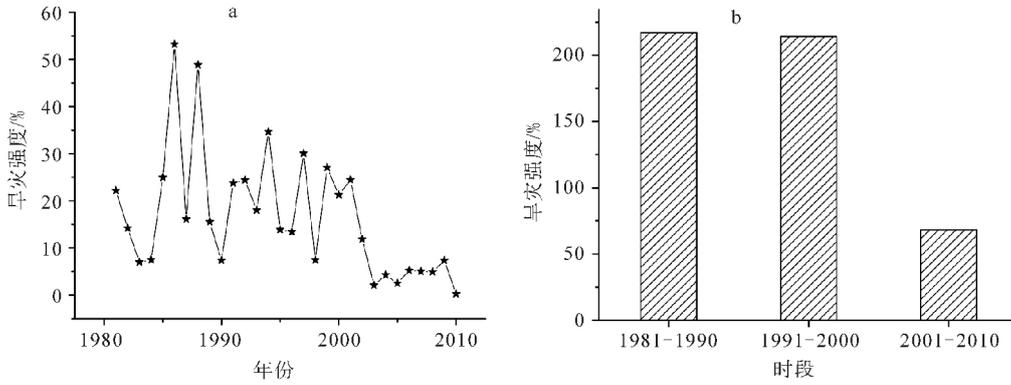


图 2 旱灾强度指数的年际(a)与年代际(b)变化

2.2 产量损失评估

本研究参照文献[6]的比重法来确定年度旱灾粮食灾损量,修改后的计算公式如下:

$$F_{di} = R_i \times A_{i1} \times Y_i \times P_1 + R_i \times A_{i2} \times Y_i \times P_2 + R_i \times A_{i3} \times Y_i \times P_3 \quad (1)$$

式中, $i$ 表示年份; $F_{di}$ 是年度灾损量,为第*i*年的粮食灾损量; $R_i$ 是*i*年粮食播种面积占农作物总播种面积的比重; $A_{i1}$ 、 $A_{i2}$ 和 $A_{i3}$ 分别是*i*年旱灾受灾、成灾和绝收的作物面积; $Y_i$ 是该年的粮食单产水平; $P_1$ 、 $P_2$ 和 $P_3$ 分别表示旱灾受灾、成灾和绝收的粮食产量下降程度,根据受灾和成灾的统计定义,按中值法确定其值为 $P_1=20\%$ 、 $P_2=45\%$ 和 $P_3=80\%$ 。

理论上粮食产量可以包括 2 个部分:一是正常的耕作条件下,没有灾害发生时的粮食产量,二是灾害导致的粮食产量损失,即粮食灾损量。因而灾损

比例可以表示为:

$$R_d = F_d / (F_a + F_d) \times 100 \quad (2)$$

其中, $R_d$ 为灾损比例, $F_a$ 是统计资料中的实际粮食产量, $F_d$ 则是粮食灾损量。

利用公式(1)、(2)计算河南省近 30 a 粮食灾损量和灾损比例的年际和年代际变化,分别见图 3a 和图 3b。二者与 2.1.1 中的灾害面积变化趋势相类似,1981—1990 年波动最大,1991—2000 年次之,2001—2010 年最小。粮食灾损量和灾损比例最高值均出现在 1986 年,分别为  $606.65 \times 10^4$  t 和 19.24%;次高值均出现在 1988 年,分别为  $582.98 \times 10^4$  t 和 17.96%。近 30 a 河南省平均每年的粮食灾损量为  $248.34 \times 10^4$  t,灾损比例为 6.68%,人均损失 27.66 kg(用于计算的人口为 1981—2010 年的平均值),可见河南省的旱灾对粮食生产的危害很大。

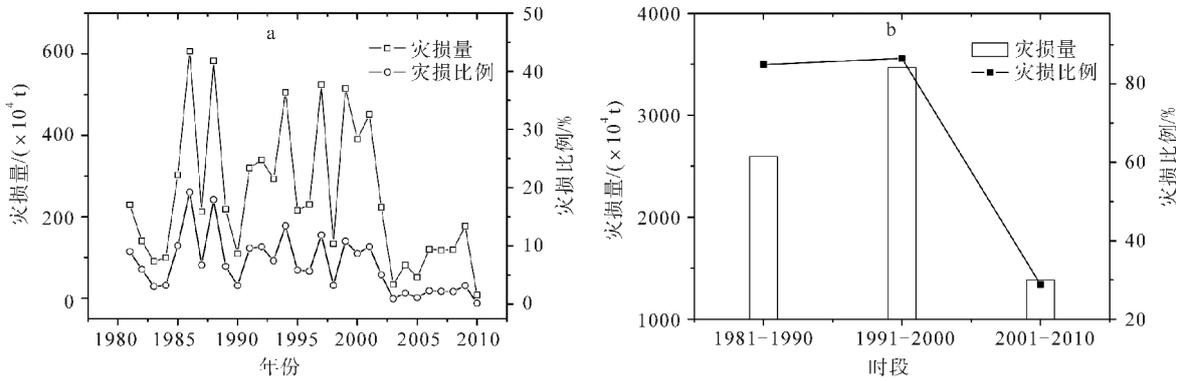


图 3 河南省 1981—2010 年旱灾粮食灾损量和灾损比例的年际(a)与年代际(b)变化

2.3 旱灾对河南省粮食安全的影响

2.3.1 旱灾强度指数与粮食单产波动的关系 粮食波动以波动系数来测算,其公式如下:

$$I_p = 100 \times (y_i - \hat{y}_i) / \hat{y}_i \quad (3)$$

其中: $y_i$ 为第*i*年粮食单产实际值, $\hat{y}_i$ 为第*i*年粮食单产的趋势值, $y_i - \hat{y}_i$ 为消除长期趋势后变量的绝对波动量,表示*i*年实际观察值对其长期趋势的偏差。根据河南省粮食单产的线性拟合,得到粮

食单产长期趋势的方程为:

$$Y_{\text{单产趋势值}} = -13\ 726.778 + 7.015i, R = 0.963, R^2 = 0.928, S_e = 17.405\ 92, F = 361.497, t = 19.013.$$

$F$  检验与  $t$  检验均证明该回归方程的回归效果显著。

根据以上结果,在消除长期趋势后,可以计算出河南省历年粮食单产波动系数  $I_p$ ,如图 4 所示。1986、1988、2003 年, $I_p$  均低于 11%。1981—2010 年

总体上呈较明显的波动趋势,振幅逐渐减小,说明该省粮食生产稳定性逐渐增强,这可能与近几十年有效灌溉面积增加等因素有关<sup>[14]</sup>。

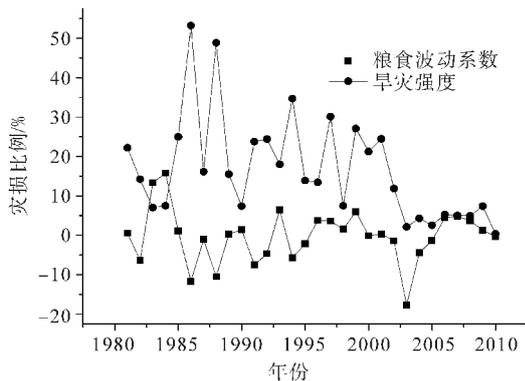


图 4 1981—2010 年粮食单产波动系数与旱灾强度

将 1981—2010 年粮食单产波动系数及各年代粮食单产波动系数分别与旱灾强度进行相关分析,结果如下:

$$Y_{1981-2010} = 0.029 - 0.002I_{di}, R = 0.360, R^2 = 0.130, S_e = 0.06444, F = 4.179, t = 0.050$$

$$Y_{1981-1990} = 0.093 - 0.004I_{di}, R = 0.776, R^2 = 0.603, S_e = 0.05967, F = 12.129, t = -3.483$$

$$Y_{1991-2000} = 0.035 - 0.002I_{di}, R = 0.267, R^2 = 0.071, S_e = 0.05093, F = 0.615, t = -0.0784$$

$$Y_{2001-2010} = -0.023 + 0.002I_{di}, R = 0.195, R^2 = 0.038, S_e = 0.06805, F = 0.316, t = 0.562$$

可以看出,1981—2010、1981—1990、1991—2000 年旱灾强度增加则粮食单产波动增加,1981—1990 年二者关系尤为明显;2001—2010 年二者则不明显,粮食生产趋于稳定。

2.3.2 旱灾强度与粮食灾损量、旱灾影响的关系  
对 1981—2010 年间旱灾强度与粮食灾损量的关系进行回归分析,得出了以下结果:

$$Y_{灾损量} = 42.737 + 12.353X_{旱灾强度}, R = 0.944, R^2 = 0.891, S_e = 57.58198, F = 229.791, t = 15.159.$$

式中  $Y_{灾损量}$  表示粮食灾损量(以  $10^4$  t 为单位),  $X_{旱灾强度}$  表示旱灾强度(以百分比为单位),  $S_e$  是回归等式的标准差,  $R$  为相关系数,其值越大表示 2 个因子间的关系越密切。对此回归分析结果进行  $F$  检验与  $t$  检验均证明回归方程的回归效果显著,也就是说,此回归等式表示出旱灾强度与粮食灾损量间存在明显的线性关系。旱灾强度与粮食灾损量的关系十分明显,旱灾强度越大,粮食损失越大,旱灾的影响也就越大。根据此式估算,当旱灾强度增加 1% 时,河南省的粮食灾损量相应地增加约  $12.35 \times 10^4$  t。

同样地,可以得出旱灾强度与旱灾影响的回归

分析方程:

$$Y_{旱灾影响} = 0.546 + 0.368X_{旱灾强度}, R = 0.998, R^2 = 0.996, S_e = 0.032497, F = 6417.460, t = 80.109.$$

式中  $Y_{旱灾影响}$  为旱灾对粮食灾损量的影响,即粮食灾损量与粮食总产量的比例,  $X_{旱灾强度}$  表示旱灾强度。 $F$  检验与  $t$  检验均证明该回归方程的回归效果显著。此式表明旱灾强度每增加 1%,旱灾对河南省粮食产量的影响力就相应地增加 0.368%,而河南省平均粮食年产量是  $3720.28 \times 10^4$  t,所以旱灾就直接导致了每年粮食损失约为  $13.6906304 \times 10^4$  t。可以看出,旱灾对河南省粮食安全有显著的影响。

### 3 应对措施

据前面结果推算得河南省每年粮食旱灾灾损量为  $248.34 \times 10^4$  t,占全国 7.7% 左右;旱灾影响 6.68%,高于全国平均水平;旱灾人均损失粮食 27.66 kg,高于全国旱灾人均灾损 22.7 kg<sup>[6]</sup>,这些都表明河南省旱灾危害的严重性。因此,提出以下对策。

#### 3.1 积极构建与水资源承载能力相适应的社会经济发展战略

目前河南省水资源供需矛盾突出,2000 年、2010 年河南省水资源总量分别为  $699.95 \times 10^8$  m<sup>3</sup>、 $534.89 \times 10^8$  m<sup>3</sup>,2010 年较 2000 年减少 23.6%;2000 年、2010 年河南省总用水量分别为  $145.27 \times 10^8$  m<sup>3</sup>、 $224.61 \times 10^8$  m<sup>3</sup>,增长 54.6%;2010 年河南省人均水资源量 568.70 m<sup>3</sup>,占全国人均(2310.4 m<sup>3</sup>)的 24.6%<sup>[8]</sup>,缺水严重。河南省 2010 年城市化水平为 38.8%,进入快速发展阶段。在中原经济区建设背景下,城市化、工业化将迅速发展,会导致城乡争水、工农业争水、地区间争水和生态用水挤占等矛盾。只有在长期宏观发展战略上构建与水资源承载能力相适应的经济社会发展模式,优化用水结构,才能保持水资源需求量的长期稳定,确保各方面的用水安全,在一定程度上解决水资源短缺问题,并从根本上减轻旱灾危害,进而实现城镇化、工业化和农业现代化协调发展。人口和消费控制也可以减少未来水资源需求。目前河南省是我国的人口第一大省,全省人口数量由 1981 年的 7397 万人增加至 2010 年的 10437 万人,增加了 41.1%。由于人口基数较大,未来一段时期内人口数量仍会快速增加,只有严格控制人口才能减少水资源需求。此外,还应改变消费结构和消费理念。居民生活水平和消费习惯也

会严重影响水资源需求。虚拟水的消费量与居民生活水平、消费习惯及营养需求等密切相关。猪肉、牛肉、羊肉、家禽、鲜蛋、鲜奶的虚拟水含量分别为 3.65、19.98、18.3、11.8、6.5、2.2  $\text{m}^3/\text{kg}$ ，而粮食和水果蔬菜的虚拟水含量分别为 1.5、0.24  $\text{m}^3/\text{kg}$ <sup>[9]</sup>。而且，由于饮食中肉类数量增加很快，肥胖人口数量增加很快。因此，在满足营养需求的条件下，可以通过减少肉类和蛋类消费量、增加蔬菜消费量来减少虚拟水消耗量。

### 3.2 切实加强农业的抗灾能力与减灾体系建设

河南省旱灾频繁发生造成的粮食减产暴露出农田水利基础设施的薄弱，加大财政对农田水利基础设施建设的支持将有效稳定粮食生产。河南省农田有效灌溉面积由 1981 年的  $338.8 \times 10^4 \text{ hm}^2$  增加至 2010 年的  $508.096 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ，增加了 50%，大大提升了抗灾能力，促进了粮食生产稳定。然而，目前仍有  $212.124 \times 10^4 \text{ hm}^2$  的耕地面积（占总耕地面积的 29.5%）属于非有效灌溉面积，抵御自然灾害的能力十分低下。今后仍需加强水库、机井和引水渠建设，增加有效灌溉面积，提高抗灾能力。

加强防灾和备灾能力首先要解决的 2 个基本问题是：（1）如何进行准确的旱灾风险评估，量化不同区域的灾害等级和脆弱性；（2）如何开展旱灾条件发展的动态监测，并对其可能发展的旱情快速预警<sup>[10-11]</sup>。将遥感数据和作物模型结合是探索旱灾动态风险准确评估和快速预警的一条途径。应该利用地理空间信息技术实现信息采集自动化、业务处理网络化、预测预警模型化、决策分析智能化，为信息查询、旱情监视、灾情评估和指挥调度等一系列环节提供现代化的技术支持手段，提高防灾减灾的科技水平。

建立有效的防旱抗旱组织系统，加强防灾减灾能力。一方面通过抗旱组织机构的体系建设，建成一支机构完善、人员素质高、组织协调能力强的抗旱队伍，以推动抗旱工作全面开展；另一方面，重视媒体的宣传作用，将灾情范围、级别及防灾经验等及时公开给大众，让地方政府和农民更有效地开展防灾减灾工作，推动抗旱减灾事业的发展。

建立和完善农业灾害补贴与保险，建立抗旱长效投入机制。抗旱减灾应以河南省财政投入为主，积极争取国家投入，逐步提高地方财政用于灾后救援工作的比例。把抗旱机具纳入农机下乡补贴范畴，加大抗旱机具、抗旱用油用电补贴力度，提高政府组织和农民抗旱积极性。而且应建立以旱灾保险为主、各级政府救灾为辅、自保互助及社会捐助等多

种形式补充的综合救灾保障体系。针对目前保险公司一般不愿意开发旱灾保险的现状，政府应出台政策引导。由于农户对旱灾保险并不熟悉，要开展一定的教育工作。

### 3.3 大力发展节水农业

优化农业种植结构和品种布局是解决粮食与水资源矛盾的重要途径<sup>[12-14]</sup>。白景锋等<sup>[15]</sup>的研究表明，河南省小麦、玉米和棉花 3 种主要农作物中，棉花的虚拟水含量最高，玉米最小，3 种作物虚拟水含量从东南向西北增加，尤其在东西方向最明显。因此，应该依据虚拟水理论研究农业种植结构和品种布局。

发展节水农业，提高农业水资源的利用效率。要将工程措施、管理措施和农业高新技术有机结合起来推动农业节水工作的开展。具体可以考虑节水灌溉措施（喷灌、滴灌、微灌和渠道防渗）、农业新技术（通过耕作制度、抗旱品种选育、栽培方式、施肥方法）来实现节约用水和高效用水。依据合理的水价和农业灌溉规律建立农业水价体系，并制定相关法律，将灌溉用水纳入市场经济和法制管理轨道。河南省水污染严重，部分地区甚至出现癌症村，污水灌溉也导致土壤品质恶化进而降低了农作物的抗旱能力。因此，必须加强清洁水体的保护工作，积极开展污水治理，防止水质性缺水状况发生。

### 3.4 增强农业科技抗旱

加强河南省人工增雨基地建设，提高人工增雨的科技水平，科学地开发空中水资源，从而改善河南省水资源状况，为防灾减灾提供帮助。同时，要充分利用高科技进行污水治理、中水灌溉，挖掘潜在资源。而且，各地可以因地制宜推广地膜栽植、秸秆覆盖和衬膜等保墒技术，把较多的自然降水接纳保蓄在土壤中。

## 4 结论

笔者利用河南省农业旱灾和粮食产量的统计数据，定量分析了近年来旱灾对河南省粮食安全的影响，结果表明：（1）旱灾对河南省省粮食产量有较为严重的危害，1981—2010 年年平均受灾、成灾和绝收面积为  $139.96 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 、 $68.25 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 、 $11.90 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ；（2）1981—2010 年河南省平均每年旱灾损失粮食为  $248.34 \times 10^4 \text{ t}$ ，平均受灾强度为 16.64%，旱灾影响 6.68%，旱灾人均损失粮食 27.66 kg；（3）旱灾强度与粮食灾损量、旱灾影响的统计分析表明，旱灾对二者有显著影响。针对河南省的旱灾现状，提出了 4 项防灾减灾措施：（1）积极构建 （下转第 32 页）

合能力,这与本研究结果是一致的。此外,双垄栽培能增加垄间距离,减少烟株叶片间的遮荫效果,通风透光,增加光照面积,促进光合作用。

#### 参考文献:

- [1] 胡吉凤,陈庆园,曾琛,等. 贵州省威宁县烟草花叶病发生情况调查初报[J]. 广东农业科学,2013(8):80-83.
- [2] 武志海,张治安,陈展宇,等. 大垄双行种植玉米群体冠层结构及光合特性的解析[J]. 玉米科学,2005,13(4):62-65.
- [3] 许灵杰,杜相革,翟欣,等. 不同栽培方式对威宁县烤烟生长与效益的影响[J]. 安徽农业科学,2013,41(20):8488-8491.
- [4] 袁家富,李家俊,彭成林,等. 双行凹型垄及覆盖措施对黔北烟区耕层土壤水分的影响[J]. 中国烟草科学,2007,28(6):27-32.
- [5] 王树林. M型宽垄双行烤烟轻简种植模式研究[D]. 青岛:中国农业科学院,2011.
- [6] 梁伟,田兆福,韦建玉,等. 有机肥对植烟土壤理化性状及烤烟产质量的影响[J]. 天津农业科学,2013,19(8):68-71.
- [7] 周丽敏. 黄土高原双垄覆膜和地槽集水技术对土壤水温、土壤养分及作物产量的影响[D]. 兰州:兰州大学,2009.

- [8] 胡玮,康俊,刘阳,等. 干旱胁迫对不同烟草品种光合生理特性的影响[J]. 中国烟草科学,2013,34(2):69-74.
- [9] 曾祥难,王学杰,刘树海,等. 施用不同复合有机肥对烤烟光合特性及品质的影响[J]. 湖南农业科学,2011(1):22-25.
- [10] 赵会纳,雷波,潘文杰,等. 有机肥施用种类和时间对烤烟生长发育和品质的影响[J]. 河南农业科学,2012,41(10):53-57.
- [11] 周晓,朱旭,阚宏伟,等. 配施不同比例有机肥对烤烟光合作用及产质量的影响[J]. 广西农业科学,2009,40(5):517-521.
- [12] 李渝,蒋太明,王静,等. 贵州喀斯特山区季节性干旱特征及对策:以桐梓县为例[J]. 贵州农业科学,2009,37(5):43-46.
- [13] 刘孟雨,陈培元. 水分胁迫条件下气孔与非气孔因素对小麦光合的限制[J]. 植物生理学通讯,1990(4):24-27.
- [14] 王树林,刘好宝,邢小军,等. 烟草轻简高效栽培技术研究Ⅳ. M型宽垄双行种植模式对土壤理化性状的影响[J]. 中国烟草科学,2012,33(5):42-49.
- [15] 张联合. 有机肥与无机肥配施对烤烟生长发育及品质影响研究[D]. 郑州:河南农业大学,2002.
- [16] 李合生. 现代植物生理学[M]. 北京:高等教育出版社,2002.

(上接第 24 页) 与水资源承载能力相适应的社会经济发展战略;(2)切实加强农业的抗灾能力与减灾体系建设;(3)大力发展节水农业;(4)增强农业科技抗旱。

#### 参考文献:

- [1] Foley J A, Ramankutty N, Brauman K A, *et al.* Solutions for a cultivated planet[J]. Nature, 2011, 478: 337-342.
- [2] Shindell D, Kuylenstierna J C I, Vignati E, *et al.* Simultaneously mitigating near-term climate change and improving human health and food security[J]. Science, 2012, 335: 183-189.
- [3] Romm J. Desertification: The next dust bowl[J]. Nature, 2011, 478: 450-451.
- [4] Sternberg T. Regional drought has a global impact[J]. Nature, 2011, 472: 169.
- [5] Xu X C, Ge Q S, Zheng J Y, *et al.* Agricultural drought risk analysis based on three main crops in prefecture-level cities in the monsoon region of east China[J]. Natural Hazards, 2013, 66(2): 1257-1272.
- [6] 李文娟,覃志豪,林绿. 农业旱灾对国家粮食安全影响程度的定量分析[J]. 自然灾害学报, 2010, 19(3): 111-118.

- [7] 赵永江,姚松岭. 河南省农业干旱灾害度初探[J]. 地域研究与开发, 1992, 11(2): 47-53.
- [8] 河南统计局. 河南统计年鉴 2011[M]. 北京: 中国统计出版社, 2011.
- [9] Chapagain A K, Hoekstra A Y. Virtual water trade: a quantification of virtual water flows between nations in relation to international trade of livestock and livestock products[C] // Hoekstra A Y (ed.), Virtual water trade: Proceedings of the international expert meeting on virtual water trade (No. 12). IHE Delft, 2003: 49-76.
- [10] 王春乙,张春芬,赵艳霞. 农业气象灾害影响评估与风险评估[M]. 北京: 气象出版社, 2010.
- [11] Vicente-Serrano S M, Begueria S, Gimeno L, *et al.* Challenges for drought mitigation in Africa: The potential use of geospatial data and drought information systems[J]. Applied Geography, 2012, 34: 471-486.
- [12] 李踏福. 红河县粮食安全存在的问题及对策[J]. 现代农业科技, 2013(11): 319.
- [13] 雷俊,冯敏玉. 2011年南昌市影响粮食生产的气象灾害[J]. 天津农业科学, 2012, 18(6): 131-134.
- [14] 师源凰,张威,李玫. 忻州市农业气候资源及主要农业气象灾害分析[J]. 现代农业科技, 2013(3): 291.
- [14] 白景锋,杨杰. 河南省主要农作物虚拟水空间分布及水资源配置研究[J]. 地域研究与开发, 2012, 31(3): 167-171.